



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

NOVÉ ASPEKTY SVAŘOVÁNÍ METODOU MIG/MAG

NEW ASPECTS OF MIG/MAG WELDING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ZBYNĚK TÝN

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JAROSLAV KUBÍČEK

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2012/13

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Zbyněk Týn

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie (2303R002)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Nové aspekty svařování metodou MIG/MAG

v anglickém jazyce:

New aspects of MIG/MAG welding

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

V oblasti svařování metodou MIG/MAG je celá řada výrazných inovací vedoucí k rozšíření možných aplikací v praxi. Mezi nejnovější techniky patří LaserHybrid a CMT advanced. Zasahují do stále širších netradičních oblastí svařovaných konstrukcí.

Cíle bakalářské práce:

- 1) Definovat nové možnosti technologie svařování v ochranných plynech metodou MIG/MAG.
- 2) Navrhnout jejich praktické využití.
- 3) V návaznosti na inovace procesu navrhnout nové svařovací postupy.
- 4) Vypracovat technologický postup svařování WPS pro vybraný typ svařence.

Seznam odborné literatury:


- 1.DVOŘÁK, M. a kol. Technologie II, 2vyd. CERM Brno, 7/2004, 237s. ISBN 80-214-2683-7
- 2.BLAŠČÍK, F. a kol. Technológia tvárnenia, zlievárenstva a zvarovania, 1vyd. ALFA Bratislava 1988, 830s. ISBN 063-563-87
- 3.KOLEKTIV AUTORŮ. Materiály a jejich svařitelnost, 1vyd. Zeross, Ostrava 2001, 292s. ISBN 80-85771-85-3
4. KOLEKTIV AUTORŮ. Technologie svařování a zařízení, 1vyd. Zeross, Ostrava 2001, 395s. ISBN 80-85771-81-0
5. KOLEKTIV AUTORŮ. Navrhování a posuzování svařovaných konstrukcí a tlakových zařízení, 1vyd. Zeross, Ostrava 1999, 249s. ISBN 80-85771-70-5
6. KOLEKTIV AUTORŮ. Výroba a aplikované inženýrství ve svařování, 1vyd. Zeross, Ostrava 2000, 214s. ISBN 80-85771-72-1


Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jaroslav Kubiček

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/13.

V Brně, dne 21.11.2012




prof. Ing. Miroslav Piška, CSc.
Ředitel ústavu


prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce je zaměřena na nejnovější metody svařování technologií MIG/MAG. Jako například metoda Cold Metal Transfer nebo CMT Advanced. Tyto nové techniky se používají hlavně na svařování tenkých plechů. Začleňují se postupně i do spojování různých typů materiálů a také objemnějších svařovaných konstrukcí. To vše je dokázáno díky řízení a kontrole svařovaného procesu.

Klíčová slova

Svařování, MIG/MAG, Cold metal transfer

ABSTRACT

This bachelor thesis is focused on the latest welding technology MIG / MAG. Between which such us method of Cold Metal Transfer or Advanced CMT. These new techniques are mainly used for welding thin sheets. They integrate gradually into the connecting of various types materials and also bulky welded structures. All of this is demonstrated thanks to the management and control of the welding process.

Key words

Welding, MIG/MAG, Cold metal transfer

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

TÝN, Zbyněk. *Nové aspekty svařování metodou MIG/MAG*. Brno 2013. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Ing. Jaroslav Kubíček.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Nové aspekty svařování metodou MIG/MAG** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

24.5.2013

Datum

Zbyněk Týn

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Jaroslavu Kubíčkovi za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce a za poskytnutí podkladů. Poděkování také patří моým rodičům za podporu během celého studia.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OBSAH.....	7
ÚVOD	8
1 charakteristika svařování MIG/MAG [7],[8].....	9
2 OCHRANNÉ PLYNY [8], [9], [18].....	11
3 SLOŽENÍ SVAŘOVACÍ JEDNOTKY MIG/MAG [8], [11]	12
3.1 SVAŘOVACÍ ZDROJE [8], [11]	13
3.2 TYPY ZDROJŮ SE DĚLÍ:	13
3.3 PODAVAČ DRÁTU [8], [9]	14
3.3 SVAŘOVACÍ HOŘÁKY [8], [10]	14
3.4 ŘÍZENÍ PRŮBĚHU SVAŘOVÁNÍ [8], [10]	15
4 TECHNICKÉ VYBAVENÍ SVAŘOVACÍCH ZDROJŮ [8], [7]	16
5 DRUHY PŘENOSU KOVU V OBLOUKU	16
5.1 KRÁTKÝ OBLOUK SE ZKRATOVÝM PŘENOSEM KOVU [8], [18].....	16
5.2 KRÁTKÝ OBLOUK SE ZKRATOVÝM PŘENOSEM [8], [18].....	17
5.3 DLOUHÝ OBLOUK SE SPRCHOVÝM BEZZKRATOVÝM PŘENOSEM [8],[18].	17
5.4 IMPULSNÍ BEZZKRATOVÝ PŘENOS [8], [18].....	18
6 PŘÍDAVNÉ MATERIÁLY PRO SVAŘOVÁNÍ METODOU MIG/MAG [8], [19].....	19
7 PARAMETRY A PODMÍNKY SVAŘOVÁNÍ [8]	20
8 SPECIÁLNÍ TECHNIKY SVAŘOVÁNÍ METODOU MIG/MAG.....	21
8.1 SVAŘOVÁNÍ METODOU STT – SURFACE TENSION TRANSFER [8], [11], [12]	21
8.2 CMT – COLD METAL TRANSFER – proces svařování MIG/MAG krátkým zkratovým obloukem. [5], [6], [8], [16].....	22
9 CMT ADVANCED [2], [8]	24
10 DRUHY CMT ADVANCED [3], [8]	25
10.1 CMT Advanced proces [3], [4], [8]	25
10.2 CMT Advanced Pulse proces [3], [8]	26
10.3 CMT PIN SVAŘOVÁNÍ [14], [13]	27
10.4 CMT TWIN [4].....	30
ZÁVĚR	33
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	34

ÚVOD

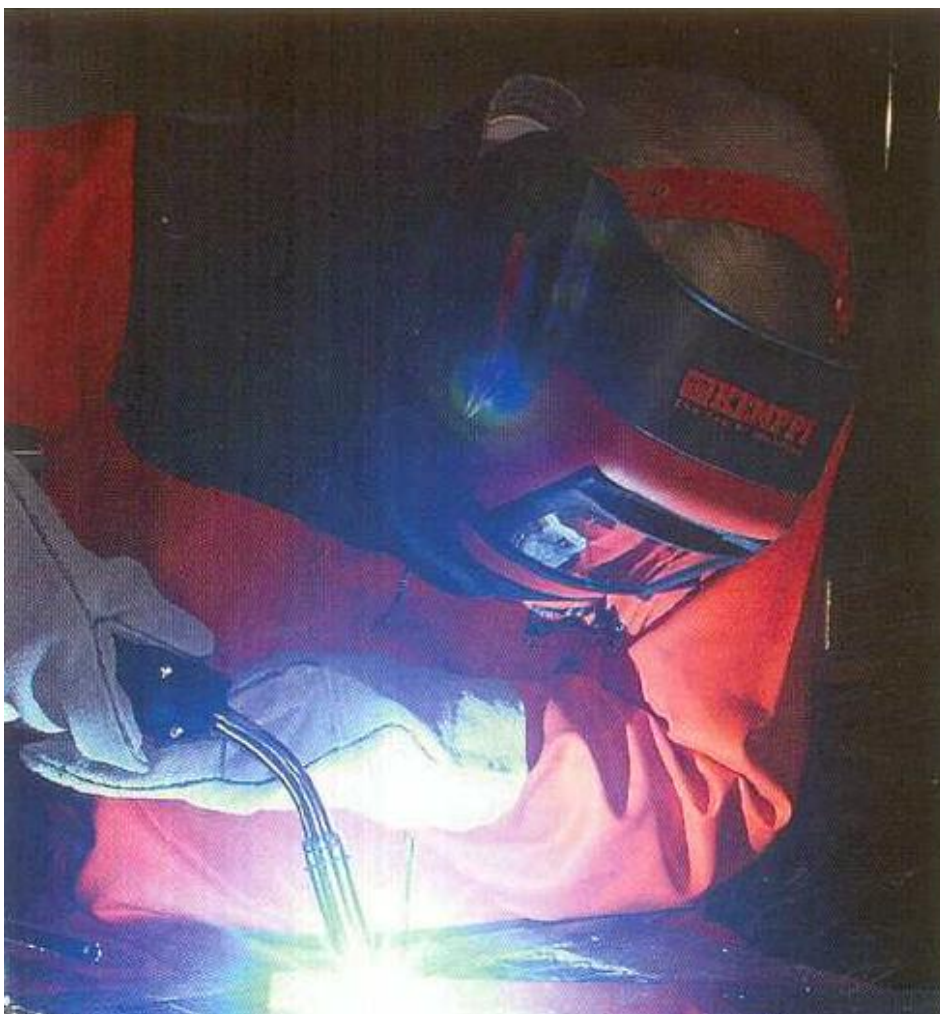
Záměrem mé bakalářské práce je snaha analyzovat a popsat nové aspekty svařování metodou MIG/MAG, protože svařování představuje nepostradatelnou technologii spojování materiálů. V dnešní době panuje snaha o jeho neustálé vylepšování. Chceme vytvořit dokonalejší postupy svařování, které umožňují svařovat co nejvíce možných variant a druhů materiálů o co nejmenší tloušťce. Z toho vyplývá, že je kladen důraz na výrobky malé hmotnosti, potřebné zejména v automobilovém a leteckém průmyslu. Tímto usilujeme o dosažení menší spotřeby paliva.

Jelikož se domnívám, že problematika svařování tvoří nedílnou součást pokroku a dalo by se říci, že neustále obklopuje dnešního moderního člověka, zvolil jsem jako téma své bakalářské práce „Nové aspekty svařování“. Současné poznatky a snahy v oblasti svařování mě velice zaujaly a nadchly.

Cílem bakalářské práce bylo definovat nové možnosti technologie svařování v ochranných plynech metodou MIG/MAG. V následujícím textu rozebírám vylepšené metody svařování MIG/MAG, jako jsou například svařování metodou STT- Surface tension transfer nebo CMT - Cold metal transfer, která je doplněna o další nové vylepšené způsoby svařování.

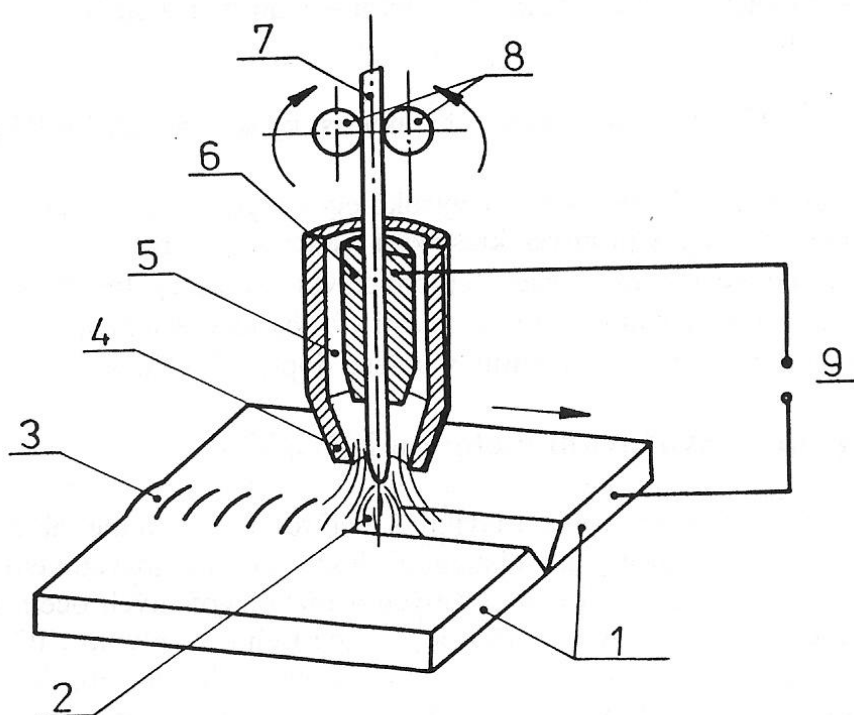
1 CHARAKTERISTIKA SVAŘOVÁNÍ MIG/MAG [7],[8]

Je to svařování v ochranné atmosféře, při které je svar chráněn aktivním plynem. Jedná se o nejznámější druhy svařování a dalo by se podotknout, že také patří mezi nejpoužívanější. Používají se pro svařování velkých součástí náročných na pevnost a těsnost svarů u nelegovaných a nízkolegovaných ocelí. Od různých svařování potrubí až po velké projekty sloužící k dopravě velkých součástí. Dalším zvýhodněním k metodě MIG/MAG patří velké rozhraní přídavných materiálů a ochranných plynů, začlenění svařování do robotizace.



Obr. 1.1 Ukázka svařování MIG [10]

Pro aktivaci svařování MIG/MAG je potřeba elektrického oblouku mezi tavící se elektrodou ve formě drátu a základním materiálem. Pro vylepšení metody je vháněn inertní nebo aktivní plyn, který působí jako ochranná atmosféra. Elektrický proud vznikne po dotyku napájeného drátu se svařovaným materiálem. Při tomto svařování se dosahuje vysoké proudové hustoty až 650 A.mm^{-2} . Při svařování tenkých plechů se používají svařovací proudy okolo 25A, u větších materiálů do 800A. Podle druhu plechu, který chceme svařovat, můžeme volit také mezi přenosem kovu oblokem, pro tenké plechy se používá zkratového proudu a pro náročnější tvorbu svaru sprchového. Svařovací rychlosti jsou až 150 cm.min^{-1} .






Obr. 1.2 Princip svařování tavící se elektrodou v inertním nebo aktivním plynu - MIG/MAG [8]

1. svařovaný materiál
2. elektrický oblouk
3. svar
4. plynová hubice
5. ochranný plyn
6. kontaktní průvlak
7. přídavný drát
8. podávací kladky
9. zdroj proudu

2 OCHRANNÉ PLYNY [8], [9], [18]

Plyny chrání vniknutí kyslíku k elektrodě, oblouku a kořeni svaru. Zabraňují oxidaci, pórovitosti, naplynění. Ovlivňují také přenos kovu v oblouku, přenášení energie do svaru, rychlost svařování. Ochranný plyn svou skladbou a objemem způsobuje dobrý začátek hoření oblouku, uskutečnění správného tvaru a rozměru oblouku, rychlý přenos kapek v oblouku, přizpůsobení s materiálem a získání co nejbližších podobných vlastností svařovaného materiálu. Inertní plyny neovlivňují chemické složení svarového kovu a při metodě MIG je používáme pro slitiny mědi, hliníku a niklu.

OCHRANNÝ PLYN	
STARGON C - 8	
STARGON C -18	
STARGON PB	

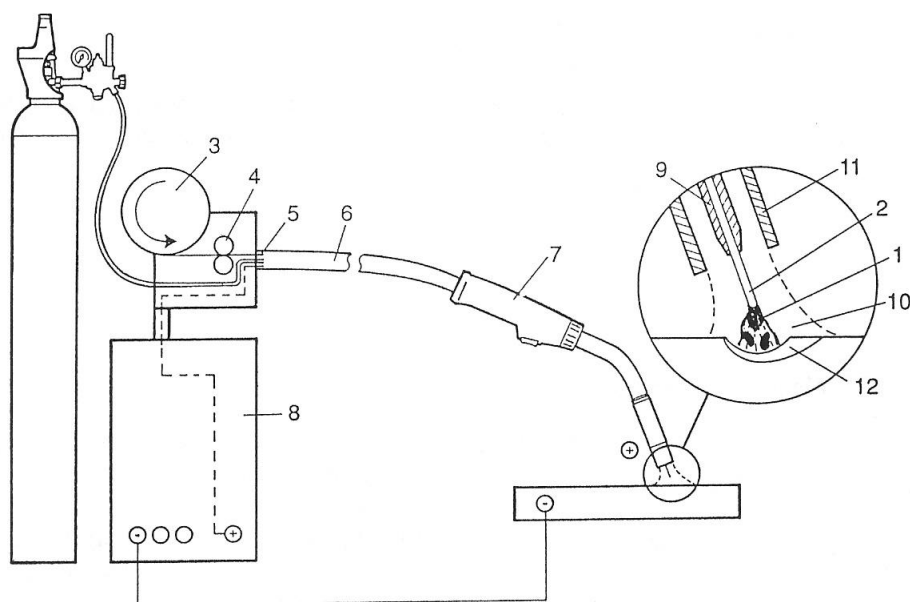
Obr. 2.1 Ukázka povrchu svarů zhotovených s různým složením ochranných plynů [8]

Ochranné plyny se skládají z jednosložkových nebo vícesložkových plynů. Volba ochranného plynu závisí na sériovosti a povolených nákladech na svařovanou konstrukci. V začátcích se využívaly plyny CO_2 , nyní se však používají směsi argonu s oxidem uhličitým nebo kyslíkem. Ochranné plyny se dále dělí na inertní, redukční, oxidační a nereagující.

Inertní plyny neovlivňují chemické složení svarového kovu a při metodě MIG je používáme pro slitiny mědi, hliníku a niklu.

3 SLOŽENÍ SVAŘOVACÍ JEDNOTKY MIG/MAG [8], [11]

- Zdroj, který přivádí svařovací proud
- Podavač drátové elektrody
- Svařovací hořák
- Multifunkční kabel hořáku
- Uzemňovací kabel se svorkou
- Zásobník ochranného plynu
- Chladicí jednotka
- Řídicí jednotka pro ovládání a ukládání dat
- Pojízdný vozík
- Rameno pro nesení hořáku a kabelku



Obr. 3.1 Základní schéma svařování metodou MIG/MAG [8]

- 1 – elektrický oblouk, 2 – drátová elektroda, 3 – zásobník drátu, 4 – podávací kladky,
5 – rychloupínací spojka, 6 – hořákový kabel, 7 – svařovací hořák, 8 – zdroj svařovacího proudu,
9 – kontaktní svařovací průvlek, 10 – ochranný plyn, 11 – plynová tryska, 12 – svarová lázeň.

3.1 SVAŘOVACÍ ZDROJE [8], [11]

Pro svařování MIG/MAG mají zdroje stejnosměrný výstup proudu. Zdroje mají plochou statickou charakteristiku se samoregulační schopností udržování konstantní délky oblouku. To vše funguje, pokud je možné konstantní podávání drátu.



Obr. 3.2 Moderní zdroje pro MIG/MAG svařování [10]

3.2 TYPY ZDROJŮ SE DĚLÍ:

Kompaktní zdroje, při kterých je umístěn integrovaný podavač drátu ve společné skříni jako zdroj.

Výkonné zdroje s chladicí jednotkou vše je spolu zabudováno ve společné skříni.

Stavebnicové uspořádání s odděleným podavačem drátu. Podavač je se zdrojem připojen spojovacím kabelem. Jednotlivé komponenty (zdroj proudu, chladicí jednotka, oddělený řídicí systém) jsou uspořádány tak, aby mohlo dojít ke snadné výměně. [8]

3.3 PODAVAČ DRÁTU [8], [9]

Podavač drátu slouží k rovnoměrnému dodávání drátu při svařování. Můžeme zvolit pohony podavačů jednokladkové, dvouklapkové a čtyřkladkové. Podle druhu podávaného drátu můžeme také vybrat typ drážek podávacích kladek.



Obr. 3.3 Kladkový podavač [9]

3.3 SVAŘOVACÍ HOŘÁKY [8], [10]

Zajišťují přívod drátu do místa svařování, laminární proudění ochranného plynu a napájení drátu. Máme hořáky chlazené procházejícím ochranným plynem a hořáky s nuceným chlazením proudící kapalinou. Rozdělují se ještě na ruční a strojní. Všechny obsahují tvarovou trubku s konstantním průvlekem, vyústění trubky a plynovou trysku. Kontaktní proudový průvlek se musí často vyměňovat z důvodu dobré elektrické vodivosti. Plynová tryska se vyrábí z galvanicky pochromované mědi z důvodu zamezení ulpívání kapek. Spouštění se provádí spínačem na rukojeti, v některých případech i plynulým ovládním intenzity svařovacího proudu.



Obr3.4 Druhy hořáků [10]

3.4 ŘÍZENÍ PRŮBĚHU SVAŘOVÁNÍ [8], [10]

Dvoutaktní režim

Po zapnutí spínače se pustí ochranný plyn. Zapne se posuv drátu a svařovací proud. Vhodné pro krátké, bodové nebo stahové svary.

Čtyřtaktní režim – Použití pro dlouhé svary.

- 1 takt – spuštění ochranného plynu
- 2 takt – zapnutí posuvu s malou prodlevou proudu,
- 3 takt – vypnutí posuvu drátu a proudu,
- 4 takt – vypnutí přívodu ochranného plynu.

Speciální čtyřtaktní režim

Vylepšen horkým startem a po uvolnění proudu klesá na nastavenou svařovací hodnotu.

4 TECHNICKÉ VYBAVENÍ SVAŘOVACÍCH ZDROJŮ [8], [7]

Svařovací zdroje obsahují řadu inovací a nových funkcí pro zlepšení průběhu svařování. Umožňují nám ovládat, sledovat a řídit veškeré svařovací parametry. Generují databázi svařovacích programů pro velký sortiment přídavných materiálů. Navolením tloušťky materiálu, proudu nebo rychlosti podávání přizpůsobují ostatní podmínky svařovacích parametrů.

Některé jsou vylepšeny funkcemi:

Řízený zapalovací cyklus

Daný cyklus je používán při mechanizovaném a robotizovaném svařování a slouží ke klidnému zapálení oblouku v definovaném místě svaru. Při tomto cyklu je nutnost mít podávací kladky hořáku kvůli zpětnému pohybu drátu.

Udržování konstantní délky oblouku

Délka oblouku se pomocí mikroprocesoru, který řídí zdroj, mění podle parametrů svařování.

Ukončení svařovacího cyklu proudovým impulzem

Zamezí vzniku kapky proudu přesahující průměr drátu a tím vzniká lepší zapálení drátu při pokračování práce. To je zajištěno ukončením proudovým impulsem po skončení svařování.

5 DRUHY PŘENOSU KOVU V OBLOUKU

5.1 KRÁTKÝ OBLOUK SE ZKRATOVÝM PŘENOSEM KOVU [8], [18]

Oblouk se přerušuje zkratem, díky kterému dochází k přerušování oblouku a oddělení části kovu elektrody. Drát se přiblíží do zkratu dříve, než vznikne kapka kovu. Při nízkých proudech a vysokém napětí je frekvence kapek malá a rozstřík velký. Pokud dochází k nepravidelnému praskání, je to známka toho, že jsme zvolili vysoký proud. Zkratový proud můžeme používat ve všech ochranných plynech. Při některých plynech stačí upravit napětí, je rozdíl například mezi oxidem uhličitým a směsí Ar/CO₂. Změny nastavení vidíme v tabulce 8.4.

Tab. 4.1 Proudové rozsahy pro svařování zkratovým procesem.[8]

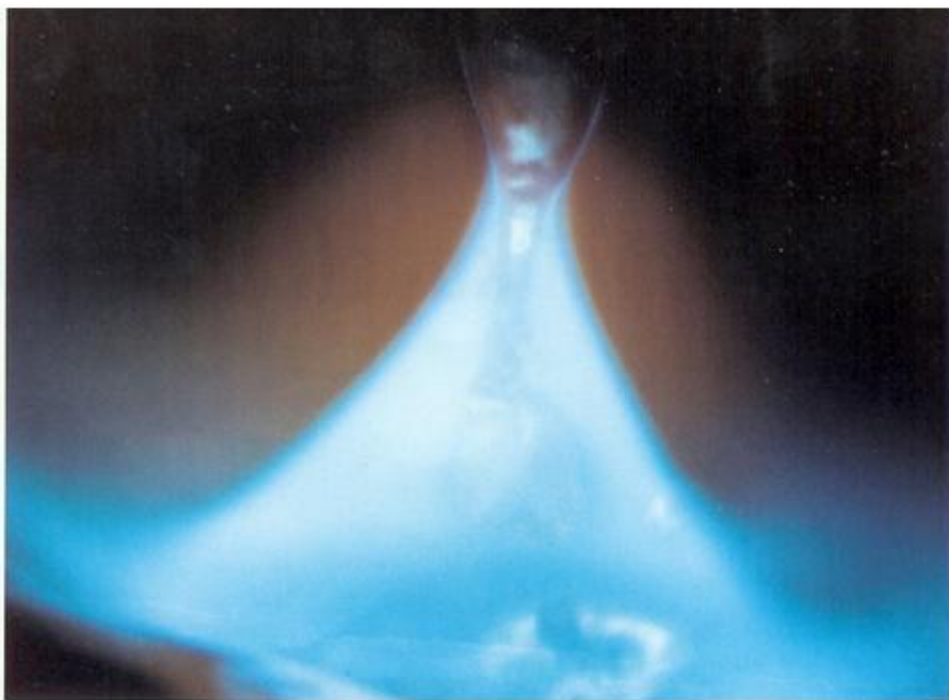
proudové rozsahy			
průměr drátu (mm)	nízký proud (A)	vysoký proud (A)	průměrný proud (A)
0,8	50	130	90
1,0	70	160	120
1,2	90	200	150

5.2 KRÁTKÝ OBLOUK SE ZKRATOVÝM PŘENOSEM [8], [18]

Umožňuje svařovat tenké plechy od 1 mm s vysokým výkonem a vysokou rychlostí. Drát je tlačен pod velkým úhlem při vysoké podávací rychlosti. Čas na tvorbu velké kapky je ještě menší než v předchozím popisu. Je doporučeno zvýšit průtok plynu kvůli vzdálenosti plynové trysky od materiálu. Svařování se provádí ve směsi Ar + 8% CO₂.

5.3 DLOUHÝ OBLOUK SE SPRCHOVÝM BEZZKRATOVÝM PŘENOSEM [8],[18]

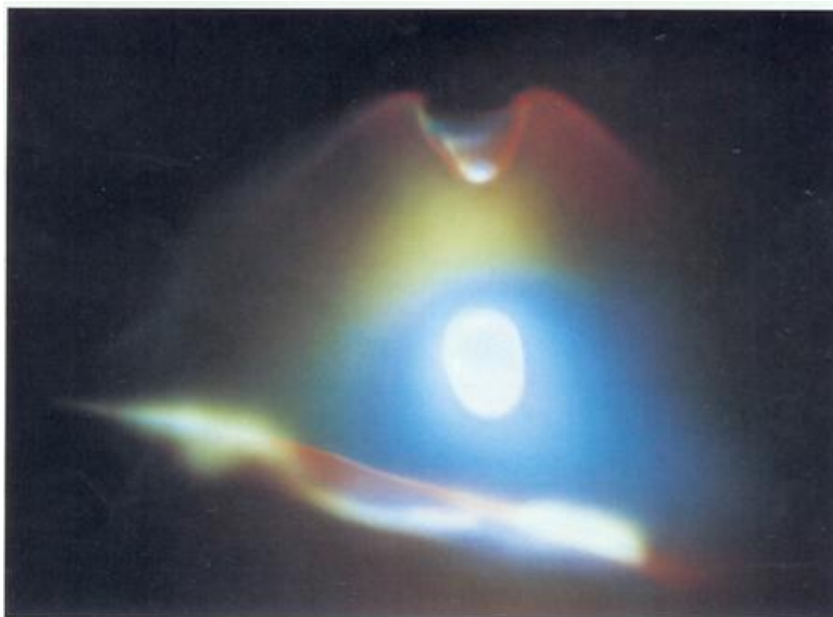
Používá se pro výplňové housenky svarů středních a velkých tloušťek. Povrch svarové housenky je hladký s plynulým přechodem. Umožňuje svařování ve více polohách. Přenos tepla je vysoký, proto jej můžeme rozeznat velkou hloubkou závaru. Při svařování CO₂ se nedoporučuje. Lze jej provádět při směsích s Ar + CO₂, Ar, O₂. Zvukově ho můžeme rozeznat podle syčení, které je občas přerušené.



Obr. 5.1 Sprchový oblouk [8]

5.4 IMPULSNÍ BEZZKTRATOVÝ PŘENOS [8], [18]

Jeho průběh je řízen elektronicky. Základní proud je nízký kolem 30A a udržuje ionizaci sloupce oblouku. Průběh se tvaruje v závislosti na druhu materiálu. Obsahuje nízkou frekvenci impulzů pro dosažení optimální velikosti kapky kovu. Při svařování hliníku a jeho slitin je možné svařovat plechy až 0,8 mm.



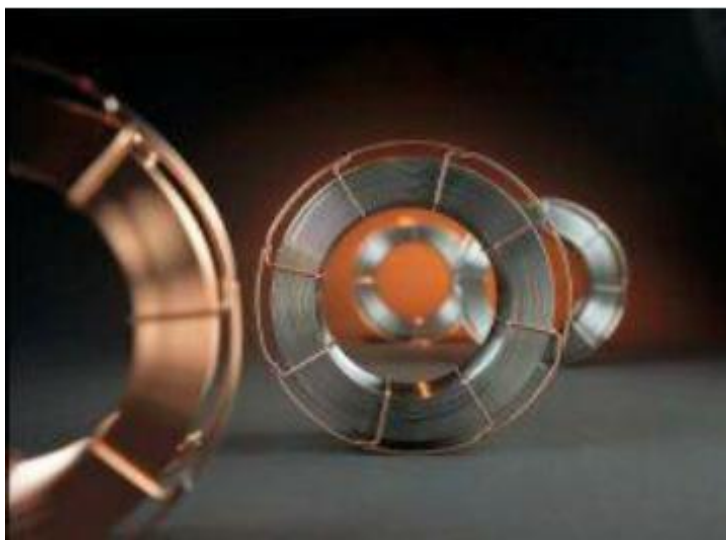
Obr. 5.2 Impulsní přenos kovu v oblouku [8]



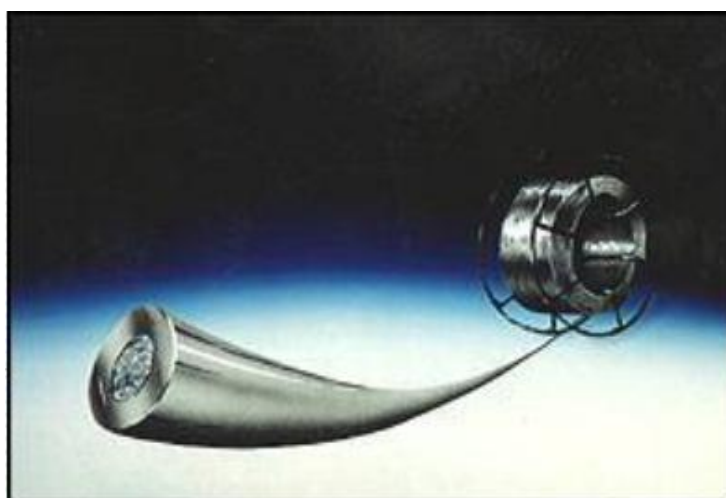
Obr. 5.3 Rotující a impulsní přenos kovu v oblouku [8]

6 PŘÍDAVNÉ MATERIÁLY PRO SVAŘOVÁNÍ METODOU MIG/MAG [8], [19]

Můžeme spojovat oceli uhlíkové, středně legované, vysokolegované, slitiny hliníku, mědi, niklu. Přídavný materiál má tvar plného a plněného drátu (trubičkového) navinutého na cívkách nebo svítkách. Při přepravě je drát chráněn proti vlhkosti a znečištění zatahovací folií. Plné dráty se používají 0,8 až 1,6mm. Často se používá plněných drátů kvůli bezpečnému natavení svarových ploch, hladkému povrchu, dobré mechanické vlastnosti, možnosti legování pomocí náplně. Plášť je ve většině případů z nízkouhlíkové oceli a náplň může obsahovat bazické, kyselé, rutilové, struskotvorné či legující přísady.



Obr. 6.1 Plný drát [18]



Obr. 6.2 Plněný drát [1]

7 PARAMETRY A PODMÍNKY SVAŘOVÁNÍ [8]

Svařovací napětí

Svařovací napětí má vliv na rozměry a tvar oblouku. Velikost napětí mění šířku svarové housenky. Má výrazný vliv na typ přenosu kovu. Napětí ovlivňuje délka oblouku. Vysoké napětí zvětšuje délku oblouku a rozstřík. Nízké napětí způsobuje nestabilitu a nedochází k správnému natavování.

Svařovací proud

Nejvíce ovlivňuje tvar svarové housenky a přenos kovu. Intenzita proudu má vliv na síly působící na kapky kovu. Růstem kovu roste frekvence kapek. Nastavení proudu se dá zjistit z tabulek nebo v praxi díky zkušenostem svářeče.

Proudová hustota

Roste se zmenšováním průměru drátu. Vyjadřuje proudové zatížení. U plněného drátu dosahuje vyšších hodnot než u plného.

Druh a polarita svařovacího proudu

Nejrozsáhlejší je použití stejnosměrného proudu s dvěma typy zapojení. Nepřímá polarita znamená zapojení elektrody na kladném pólu zdroje a přímá polarita je zapojení elektrody na záporném pólu. Doporučuje se používat přímou polaritu u plněných drátů.

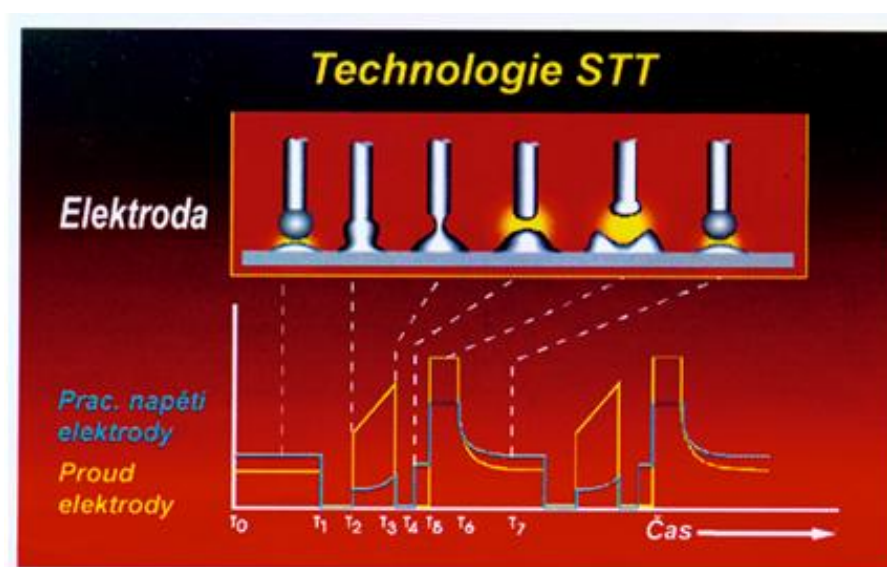
Tabulka 7.1 Orientační hodnoty parametrů svařování pro metodu MAG na ocel. [8]

Typ svaru	Tloušťka plechu	Průměr elektrody	Výkon navaření	Rychlost posuvu drátu	Svařovací proud	Rychlost svařování
	mm	mm	kg.h ⁻¹	m.min ⁻¹	A	cm .min ⁻¹
I svar	1	0,6	1,0	7,0	60	83
	1,5	0,8	1,2	6,0	90	80
	2	0,8	1,5	6,8	110	83
	3	0,8	1,8	8,0	125	55
	3	1,0	2,1	6,0	150	63
V svar	4	1,0	2,2	6,4	160	40
	5	1,0	2,2	6,4	160	28
	6	1,0/1,0	2,1/2,9	6,8/8,5	150/200	60/43
	8	1,0/1,2	2,1/3,9	6,0/7,6	150/260	43/28
	10	1,0/1,2	2,1/5,1	6,0/10,0	150/320	35/21
koutový svar	2	0,6	1,2	8,4	70	40
	2	0,8	1,6	6,8	110	53
	3	0,8	1,9	8,3	130	32
	3	1,0	2,4	7,0	170	40
	4	1,0	2,7	8,2	190	28
	5	1,2	3,9	7,8	260	26
	6	1,2	3,9	7,8	260	20

8 SPECIÁLNÍ TECHNIKY SVAŘOVÁNÍ METODOU MIG/MAG

8.1 SVAŘOVÁNÍ METODOU STT – SURFACE TENSION TRANSFER [8], [11], [12]

Jedná se o plně řízený proces, který řídí systém zdroje proudu a parametry svařování. Taký se mu říká svařování s přenosem kovu. Vše je založeno na snímání změny napětí v čase zvláštní externě připojenou sondou, tzv. detektorem dV/dt . Proces kontroluje a řídí obvod snadného svařování, který porovnává hodnoty na oblouku s hodnotami v paměti. Výhodou procesu STT je možnost použití oxidu uhličitého, nízká hodnota vneseného tepla, jednoduché nastavování svařovacích parametrů a není potřeba brousit svary. Využívá se na svařování nelegovaných, nízkolegovaných a vysokolegovaných ocelí.



Obr. 8.1 Průběh svařovacího proudu a napětí při STT svařování. [11]

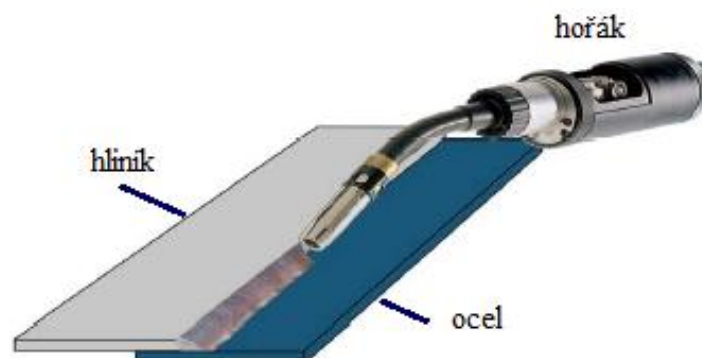
Technologií STT svařujeme velké rozměry mezi materiálem a bez rozstříku. Obsluha provede pouze základní nastavení zdroje a zbytek svařovacího cyklu se řídí podle skutečných parametrů na oblouku. Obsahuje paměť nastavených svářecích procesů, takže vzniká snadné střídání pracovníků na stroji i jednoduchá kompatibilita při změně pracovního postupu. V Americe metodu zkoušejí používat na velká potrubí s kořenovými svary o velikosti větší než 6cm a dosahují značných úspěchů. STT není tolik časově náročné jako např. Tig a manipulace svářecí technikou je jednodušší. Při testování bylo svařování STT o jednu třetinu rychlejší než TIG. Umožňuje použití v jakékoliv poloze, zanechává méně kouře, rovněž školení pracovníků, kteří se seznamují s touto metodou svařování, je jednodušší.



Obr. 8.2 Ukázka svařovaného potrubí.[12]

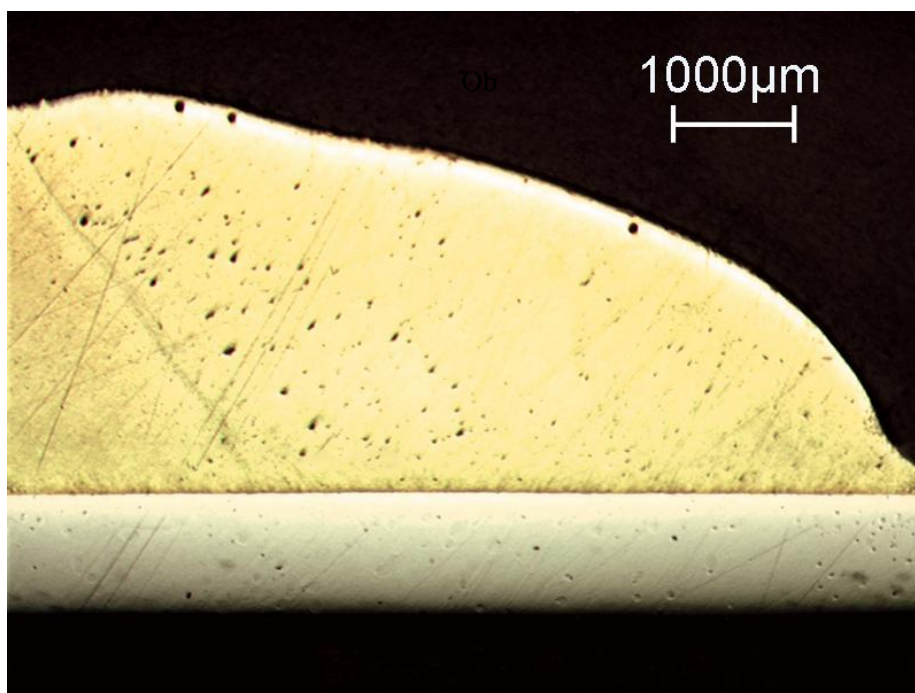
8.2 CMT – COLD METAL TRANSFER – proces svařování MIG/MAG krátkým zkratovým obloukem. [5], [6], [8], [16]

Proces CMT dokáže spojovat materiály, jako jsou tenké hliníkové plechy okolo 0,8mm rychlým procesem bez podkládání. Je důležitý hlavně pro mechanizované a robotizované pracoviště, kterým nabízí výbornou stabilitu oblouku a spolehlivost. Metoda je kombinací tavící se elektrodou v ochranné atmosféře spolu se studenou částí procesu. Tavící drát se po spojení s tavnou lázní vrací do hubice. Vše je řízeno procesorem, který přizpůsobuje rychlost zpětného pohybu drátu, vzdálenost i rozměr housenky. Díky COLD METAL TRANSFER nevznikají velké tepelné rozdíly a deformace. Nová modifikace svařování se především používá v automobilovém průmyslu při pájení pozinkovaných plechů a všude tam, kde je potřeba spojování tenkých konstrukcí. Při svařování tenkých plechů je těžké dosáhnout správného svaření bez přetavení materiálu, tato metoda umožňuje spojení malých částí bez poškození a s minimálním rozstřikem.



Obr. 8.3 Princip spojování CMT [8]

V současné době začíná být kladen velký důraz na spojování více materiálů různých druhů, což bylo možno kdysi provádět jen pomocí mechanických spojů nebo lepením. Jedná se hlavně o ocel a hliník, například u automobilů. Hliník je lehký, dobře zpracovatelný, korozivzdorný a ocel je pevná a cenově dostupnější; spojením těchto dvou materiálů pomocí elektrického oblouku dochází k optimálním svarovým spojům. Metoda CMT vznikla postupným zkoumáním těchto kovů, jejich technologických, mechanických vlastností a chemických reakcí na svařování metodou MIG/MAG. Další použití této metody nalézá v bezroztříkovém pájení elektrolytických zinkovaných plechů pomocí svařovacího drátu ze slitiny měď-křemík nebo při svařování ušlechtilých ocelí a hořčíku. Stále se zkoumají a vyvíjejí nové kombinace materiálu a procesů, ve kterých se CMT spojování uplatní.

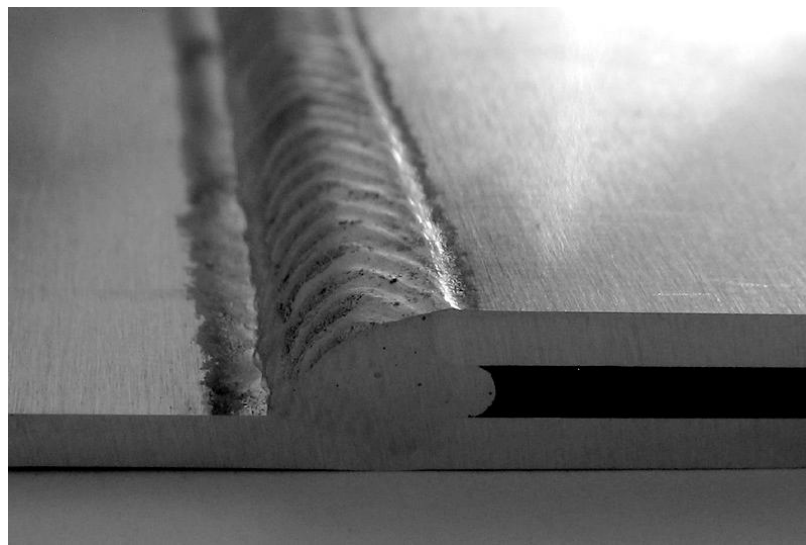


Obr. 8.4 Smíšený spoj ocel-hliník [5]

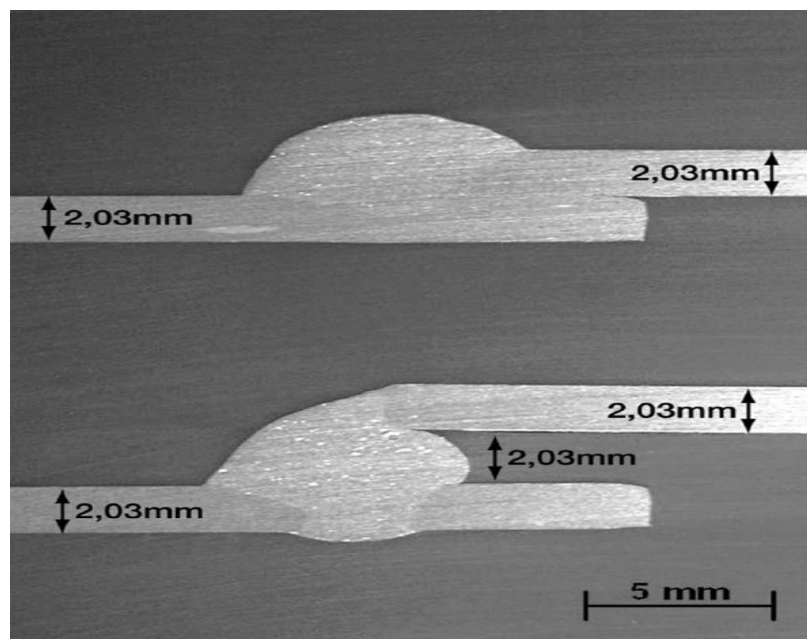
Velice rychlé změny rychlosti posuvu drátu, které jsou základním předpokladem funkce CMT. Synchronpuls pracující s vysokými frekvencemi vytváří jemné slinkování svaru i při vysokých svařovacích rychlostech. Zapalování probíhá mnohem rychleji a ovlivňuje tím příznivě i taktovací doby.

9 CMT ADVANCED [2], [8]

Vylepšená metoda CMT s možností svařování ještě tenčích plechů může provádět svarové i pájené spoje. Proces je soustředěn na nastavitelný vnos tepla. Zaměřuje se hlavně na tvorbu a dokonalost spojů. Svařuje se bez nežádoucích rozstříků, což umožňuje vysoké podávací rychlosti drátu. Můžeme spojovat materiály s velkou šířkou mezery. Je umožněno nastavovat více parametrů pro tavnou lázeň a také ji kontrolovat kvalitněji v průběhu tavby. Vylepšení šlo také cestou hospodárnosti při svařování různorodých materiálů, nejen ocel a hliník, ale také materiály s povrchovou úpravou. Ukázky svařování metodou CMT Advanced jsou na obrázku Obr 9.1 a Obr 9.2.



Obr. 9.1 Extrémní překlenutí mezery[2]

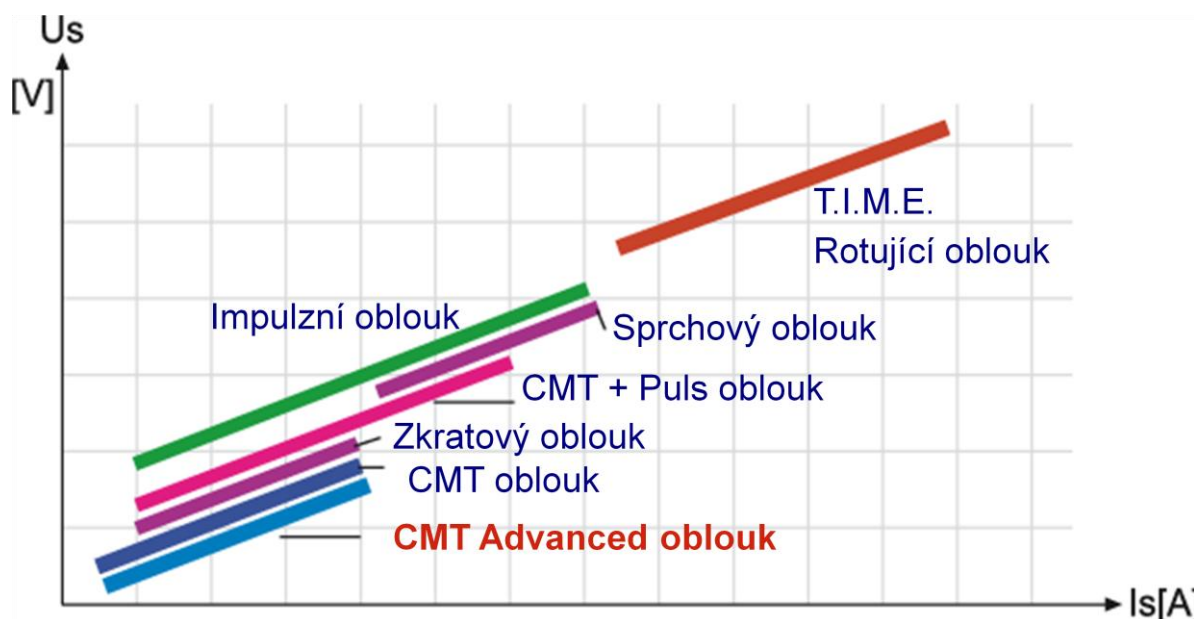


Obr. 9.2 Přeplátovaný spoj [2]

10 DRUHY CMT ADVANCED [3], [8]

Druhy CMT Advanced svařují při nízkém napětí a proudu, to lze vidět na obrázku 10.1, na němž jsou znázorněny další metody svařování a zachyceny rozdíly mezi různými svařovacími oblouky.

Proces CMT Advanced spojuje polaritu svařovacího proudu s reverzním pohybem drátu. Během zkratu vzniká změna polarity a oblouk nehoří a to vše probíhá bez negativních účinků a se zamezením odtržení oblouku. Horní hranice čistého CMT procesu je určena začátkem oblasti přechodového oblouku. Spodní hranice čistého CMT procesu je určena potřebou vytvořit vyhovující svarovou housenku.



Obr. 10.1 Charakteristika CMT procesu – hranice použití [3]

10.1 CMT Advanced proces [3], [4], [8]

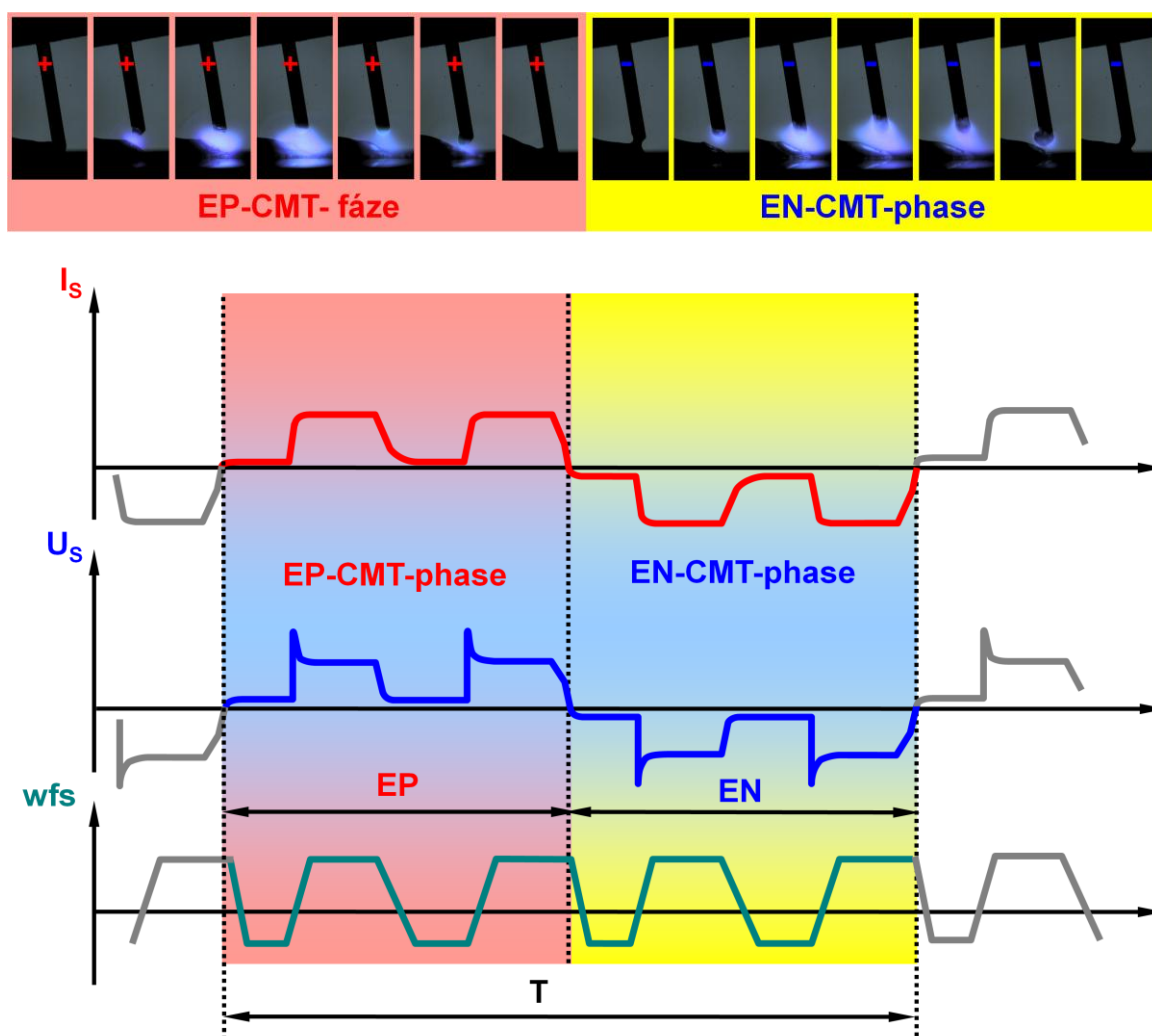
Svařovací proces využívá zkratový oblouk doplněný o mechanické uvolňování kapky zpětným zatažením drátu. V porovnání s běžným procesem MIG/MAG zde probíhá přechod materiálu při značně nižší teplotě.

Je možná jakákoliv kombinace pozitivních a negativních polarit svařovacího proudu, tím dochází k většímu odtavení. Změna polarity se děje na začátku. Je zajištěna vysoká stabilita procesu. Při kontaktu materiálu s tavnou lázní oblouk nehoří.

K uvolnění kapky dochází působením svařovacího proudu. Přechod materiálu je spojený s vysokou proudovou intenzitou. Extrémně tolerantní svařovací proces pracující ve velkém rozsahu parametrů – platí to např. pro svařovací rychlost. Nízká hodnota vneseného tepla v případě čistého CMT-procesu umožňuje vytvoření úzkého a přitom vysokého svaru.

Kombinací CMT-procesu s impulzním obloukem lze ovlivnit množství vneseného tepla a geometrii spoje. Významný faktor pro překlenutí spáry, příp. pro zvýšení svářecí rychlosti.

Zapalovací proces probíhá přibližně dvojnásobnou rychlostí než doposud. Základní materiál se nataví ve velice krátké době. Nízké tepelné zatížení, z toho vyplývající malá deformace a zvýšená schopnost překlenovat svarové spáry. Vysoká plasticita spojů ocel-hliník.



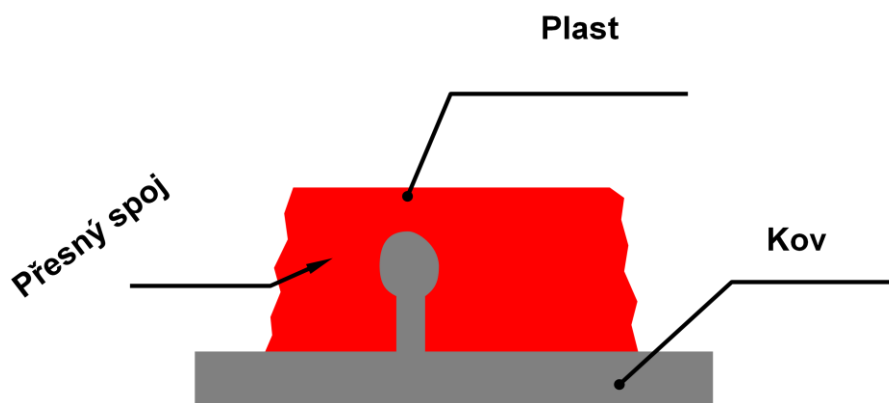
Obr. 10.2 Fungování CMT Advanced proces [14]

10.2 CMT Advanced Pulse proces [3], [8]

Kombinace záporných CMT fází a fází impulsního oblouku s pohybem drátu. Odpadají vlivy odtrhávání kapek. Přenos kovu je bezezkratový.

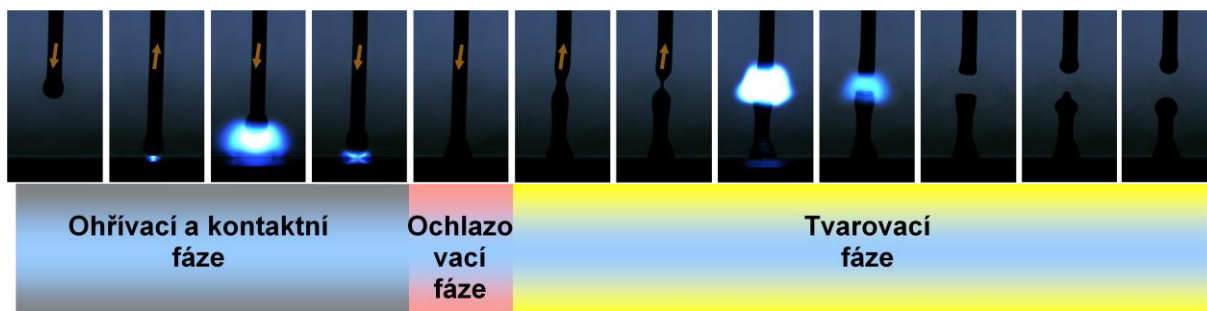
10.3 CMT PIN SVAŘOVÁNÍ [14], [13]

Globální oteplování, CO₂ emise, spotřeba energie jsou často používané termíny v každodenních záležitostech. Redukování hmotnosti bude věčné téma pro průmyslová odvětví zaměřená na dopravu, proto je velký důraz kladen na vyvíjení kombinací pevného (těžkého) materiálu s lehkým materiálem. To může být například spojení kovu a plastu nebo kovu a pryže.



Obr 10.3 Spojování kovů a plastů [14]

Ohřátý plast se stlačí na plochu s texturou pinů. Vyšší pevnost ve střihu oproti adhezivnímu lepení.



Obr. 10.4 Ukázka postupu svařování Pin struktury[14]

Svařovací proces jednoho pinu je rozdělen do několika fází, ty se vypočítávaly metodou konečných prvků přinášející následující kroky:

Výlet drátu - Konec drátu umístěn na povrchu desky s použitím proudu o hodnotě 100 A po dobu 2 ms způsobí přehřívání drátu.

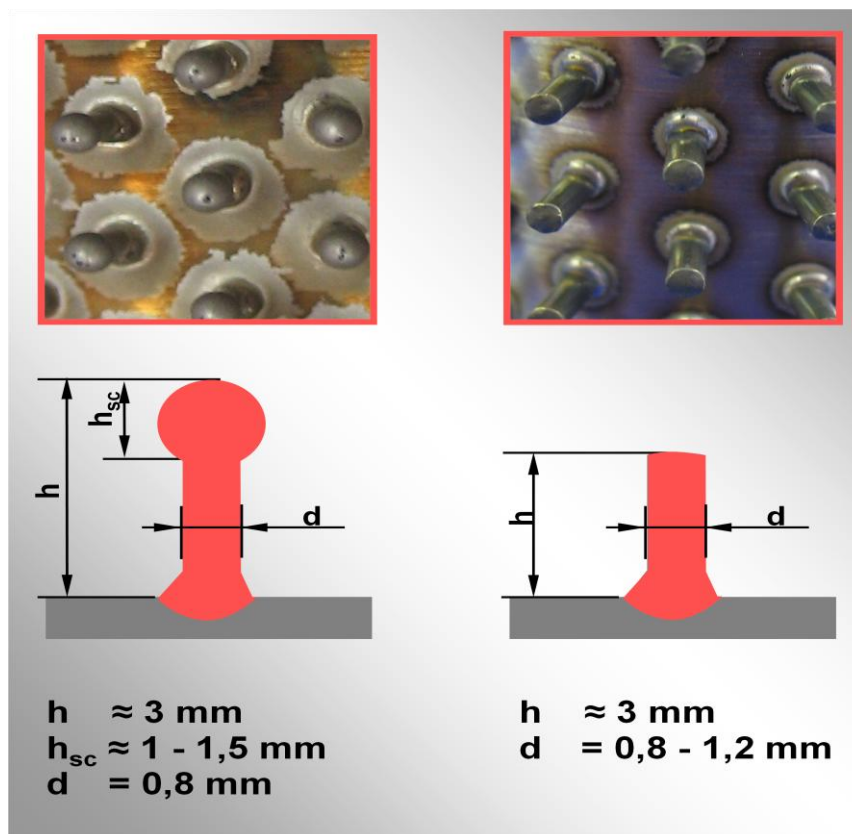
Hoření oblouku – V této fázi dochází k hoření oblouku a roztažností materiálu je drát přitlačován k desce.

Stáhnutí zpět – Po zahřátí je drát natažen nahoru.

Ochlazování – Během této fáze se svar ochladí vlivem teploty desky a teplo migruje vzhůru po drátu.

Formování – V závěrečné fázi nastává dotvarování hlavy kolíků, na obrázku výše vidíme, že dochází ke vzniku různých zakřivení, např. ploché, ostré do špičky a kulové.

Pin struktury na kovové povrchy představují mechanickou výztuž s běžnými lepenými spoji s ohledem na síly kolmo ke kovovému povrchu. Kromě toho, v závislosti na parametrech svařování, máme tři různé druhy tvarů pinu. Mohou být dosaženy tvary se zakončením kulatým, špičatým nebo rovným.



Obr. 10.5 Možné tvary pinů [13]

Piny v kombinaci s umělou hmotou

Spojení v důsledku zaříznutí skrz ohřátou umělou hmotu s následným dolisováním. Možnost spojování vstřikovaného odlitku s chromniklovou ocelí.



obr. 10.6 Spoj pinu s umělou hmotou [13]

Piny a rozebíratelné spojení

Svařování pinů se nevyužívá jen při zalisování a pevném spojení, ale také v rozebíratelném spojení při použití elastomerů, plstí nebo izolačních tkanin.



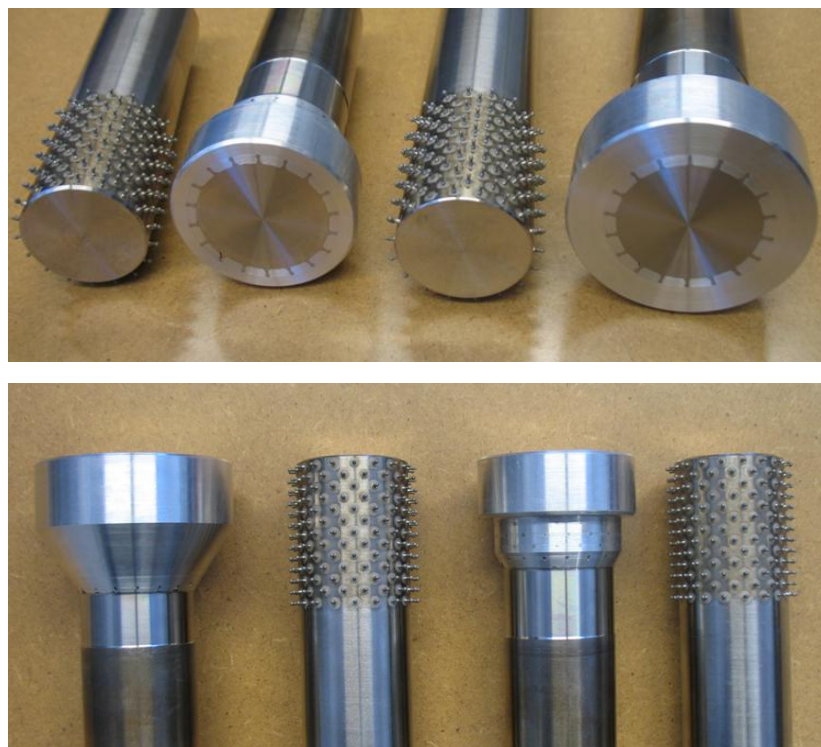
Obr. 10.7 Ukázka použití pinu [13]

Další možnosti použití

Piny mohou dále sloužit k nanášení vazebních struktur na keramiku nebo jiné silnostěnné povlaky odolné proti otěru a opotřebení, také je můžeme využít při nýtování či ovinutí. Tyto piny můžeme rovněž aplikovat při spojování jiných materiálů, například dřevo s kovem. Přispívají ke kvalitnějšímu zalití nebo nástřiku kovů či plastických hmot. A v neposlední řadě díky pinům můžeme spojit kovy, které se již těžko, nebo dokonce vůbec nedají spojit.



Obr. 10.8 Upravování tvarů stavebních dílů válcové, ploché a 3-D tvary [14]



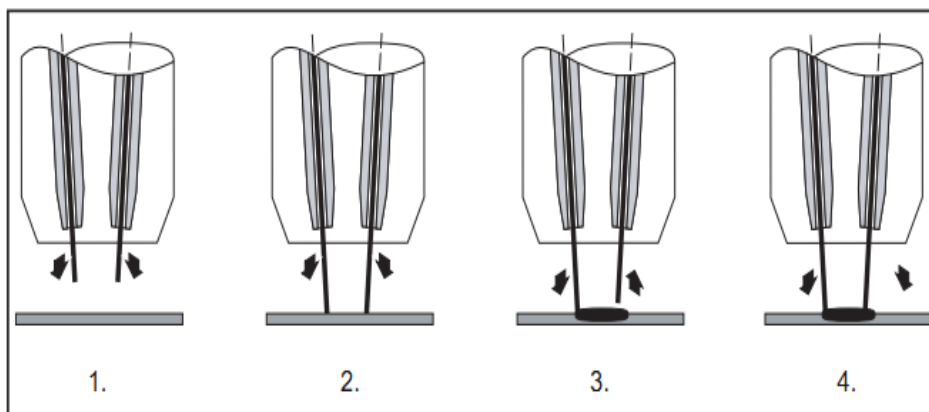
Obr.10.9 Úprava kovu pro vznik možného spojení [13]

10.4 CMT TWIN [4]

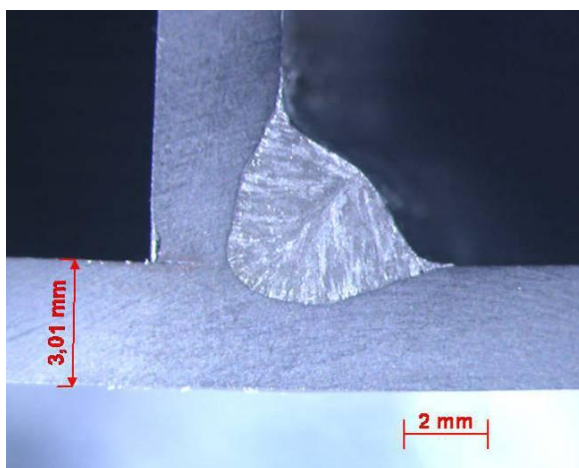
Nová metoda, která spojuje to nejlepší ze dvou technologií. Navazuje na velmi zdařilou technologii CMT a osvědčený svařovací postup TimeTwin.

Jedná se o svařování se dvěma dráty, a proto dochází k vysokovýkonnému svařování s vysokou rychlostí a jednoduchým řízením procesu. Využívá kombinaci režimů PULS a CMT. Metoda má široké využití s maximální stabilitou průběhu a snížením výrobních nákladů.

Synchronizovaný start



Obr. 10.10 Zapálení oblouku dvěma dráty [4]



Obr. 10.11 CMT TWIN koutový svar $a=3\text{mm}$; $v=3\text{m/min}$ [4]

Menší náklady, větší efektivita

Vysoký svařovací výkon s minimalizovaným rozstřikem spolu s nižším tepelným příkonem. Vznikají nižší náklady jednak díky efektivnějšímu využití materiálu potřebného k vytváření svarů, jednak díky nižší spotřebě plynu a energie. Vedle snížení nákladů dochází současně i ke zvýšení využití. Danou metodu pak můžeme velmi efektivně uplatnit v automobilovém průmyslu při svařování tenkých plechů o tloušťce menší než 3mm a s rychlostí svařování do 3,6 m/min nebo také na svařování stavebních strojů, v lodním průmyslu pro svařování tloušťek větších než 3mm při použití rychlostí do 2m/min.

Prvky ovlivňující efektivitu



Obr. 10.12 Svařovací zdroje s hořákem [4]

Větší efektivita je dosažena dvěma svařovacími zdroji spolu s jedním kompaktním hořákem. Metoda využívá dva dráty řízené CMT jednotkou s výběrem dvou svařovacích režimů, které

se nazývají PULS a CMT, se synchronizovaným zapálením oblouku. Výhodou CMT TWIN je ještě vyšší stabilita během procesu a ovlivnění svařovacího oblouku je minimální.

ZÁVĚR

V bakalářské práci jsem se zabýval novými vylepšenými metodami svařování MIG/MAG. Nejprve jsem popsal svařovací metodu STT - Surface tension transfer založenou na snímání změn napětí v čase, která je schopna svařovat tenké i široké plechy různě legovaných ocelí.

Další metodou byla CMT - Cold metal transfer svařující tenké hliníkové plechy vysokou rychlostí. Procesor řídí rychlost zpětného pohybu drátu a nevznikají tepelné rozdíly. Uplatňuje se také v bezroztříkovém pájení a svařování ušlechtilých ocelí a hořčíku.

Nejrozsáhlejší metoda je CMT Advanced, která má široké využití, může svařovat tenké plechy i s velkou šířkou mezery, různorodé materiály a to vše díky tomu, že dokáže pracovat při nízkém napětí a nízkém proudu.

Další vylepšené druhy metody CMT Advanced jsou například: CMT Advanced proces využívající pozitivních a negativních polarit, CMT Pin, CMT Twin.

CMT Advanced proces využívající pozitivních a negativních polarit svařovacího proudu, kdy je materiál nataven v krátké době s vysokou stabilitou procesu. CMT Pin svařování pro umožnění pevných mechanických spojů kov-plast. Konec svařovaného drátu je oddělen a připevněn na svařovanou součást. CMT Twin využívá dvou svařovacích zdrojů a jednoho hořáku. Svařovací proces zapalují dva dráty současně a každý je zvlášť řízen svým svařovacím zdrojem, to způsobuje svařování při vysokých rychlostech s dobrou stabilitou procesu spolu s menší spotřebou přídavného materiálu a s menší nákladností.

Myslím si, že rozvoj nových technologií svařování je velice důležitý pro vývoj moderní společnosti, protože hraje nepostradatelnou roli v automobilovém či leteckém průmyslu. Umožňuje například zdokonalování karoserií, výrobu vysoce lehkých materiálů a v neposlední řadě vytváří daleko lepší a pevnější spoje než jiné technologie spojování.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. Bahr: Kovovýroba a svařečská škola. *Bahr* [online]. ©2004 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: <http://bahr.kahstudio.cz/technologie.php#02>
2. EDER, Thomas. Na hranici obloukového svařování: technologické a aplikační inovace s CMT Advanced. *Na hranici obloukového svařování* [online]. 25.11.2010 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: <http://www.konstrukce.cz/clanek/na-hranici-obloukového-svarovani-technologicke-a-aplikacni-inovace-s-cmt-advanced/>
3. FELIX, Michal. FRONIUS ČESKÁ REPUBLIKA S.R.O. *Cold Metal Transfer (CMT)*. Jihlava, 49 s.
4. FRONIUS. *CMT TWIN: To nejlepší ze dvou technologií*. 2012, 22 s.
5. *Fronius International* [online]. © 2006-2013 [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: [http://www.fronius.com/cps/rde/xchg/SID-3055ABF1-](http://www.fronius.com/cps/rde/xchg/SID-3055ABF1-02C76655/fronius_ceska_republika/hs.xsl/29_3917.htm)
6. *Fronius: Česká republika* [online]. ©2006-2013 [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: [http://www.fronius.com/cps/rde/xchg/SID-3055ABF1-](http://www.fronius.com/cps/rde/xchg/SID-3055ABF1-02C76655/fronius_ceska_republika/hs.xsl/29_3917.htm)
7. CHUDÍK, Ivan IWE. Nové trendy v obloukovém svařování v plynné ochranné atmosféře u hliníkových slitin. [online]. 2.11.2010 [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <http://www.konstrukce.cz/clanek/nove-trendy-v-obloukovem-svarovani-v-plynné-ochranne-atmosfere-u-hlinikovych-slitin/>
8. KUBÍČEK, Jaroslav. *Technologie II. - svařování: sylabus díly I* [online]. Brno, 2006 [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/opory.htm>
9. *JK-WELD, s.r.o: Migo a Eldys* [online]. 2013 [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <http://www.jk-weld.cz/migo/migo303.php>
10. Kempoweld: ARCH. In: [online]. [cit. 16.5.2013]. Dostupné z: <http://www.arc-h.cz/files/2011/kempoweld.pdf>
11. *Lincoln Electric: CZ Weld s.r.o* [online]. [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: http://www.czweld.cz/index_cz.htm
12. *Lincoln Electric* [online]. 1999-2013 [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <http://www.lincolnelectric.com/en-gb/support/application-stories/Pages/stt-surface-tension-transfer-ayrshire.aspx>

13. MEDUNA, Martin. FRONIUS ČESKÁ REPUBLIKA S.R.O. *Nejnovější trendy ve svařovací technice*. 51 s.
14. MEDUNA, Martin. FRONIUS ČESKÁ REPUBLIKA S.R.O. *Inovace svářecích zařízení pro metodu MIG/MAG*. Jihlava, 53 s.
15. MARTIN, Meduna. FRONIUS ČESKÁ REPUBLIKA S.R.O. *Cold Metal Transfer (CMT)*. Jihlava, 35 s.
16. ROUBÍČEK, Martin. Svařování ušlechtilých materiálů v ochranných atmosférách: Svařování a dělení. [online]. 18.4.2005, 18.12.2008 [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <http://www.konstrukce.cz/clanek/svarovani-uslechtilych-materialu-v-ochrannych-atmosferach/>
17. ROUBÍČEK, Martin a Václav PILOUS. Vliv ochranných plynů na vlastnosti svarového spoje při svařování nelegovaných konstrukčních ocelí metodou 135 - MAG. [online]. [cit. 17.5.2013]. Dostupné z: http://www.airliquide.cz/file/otherelement/pj/mag_svarovani49124.pdf
18. Zboží arkov: drát pro svařování. *Zboží arkov* [online]. 2012© [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: <http://zbozi.arkov.cz/i/15786-drat-g-104-161000-drat-pro-svarovani-energetickych-zarizeni-na-svareni-plamenem-esab.html>
19. ESAB. *Dráty pro svařování v ochranných atmosférách*. 99 s. Dostupné z: <http://www.svarovani.cz/ostatni-svarecky/pdf/07-03.pd>